

# METALWORKING PROCESS FOR INTRODUCING LARGE AMOUNT OF STRAIN INTO METAL DUE TO COMBINED LINE OF FORGING AND ROLLING

Publication number: JP2002192201

Publication date: 2002-07-10

Inventor: INOUE TADANOBU; TORITSUKA SHIRO; NAGAI HISASHI

Applicant: NAT INST FOR MATERIALS SCIENCE

Classification:

- International: **B21B1/00; B21B1/22; B21C37/00; B21J1/04; B21B1/00; B21B1/22; B21C37/00; B21J1/00; (IPC1-7): B21J1/04; B21B1/00; B21B1/22; B21C37/00**

- european:

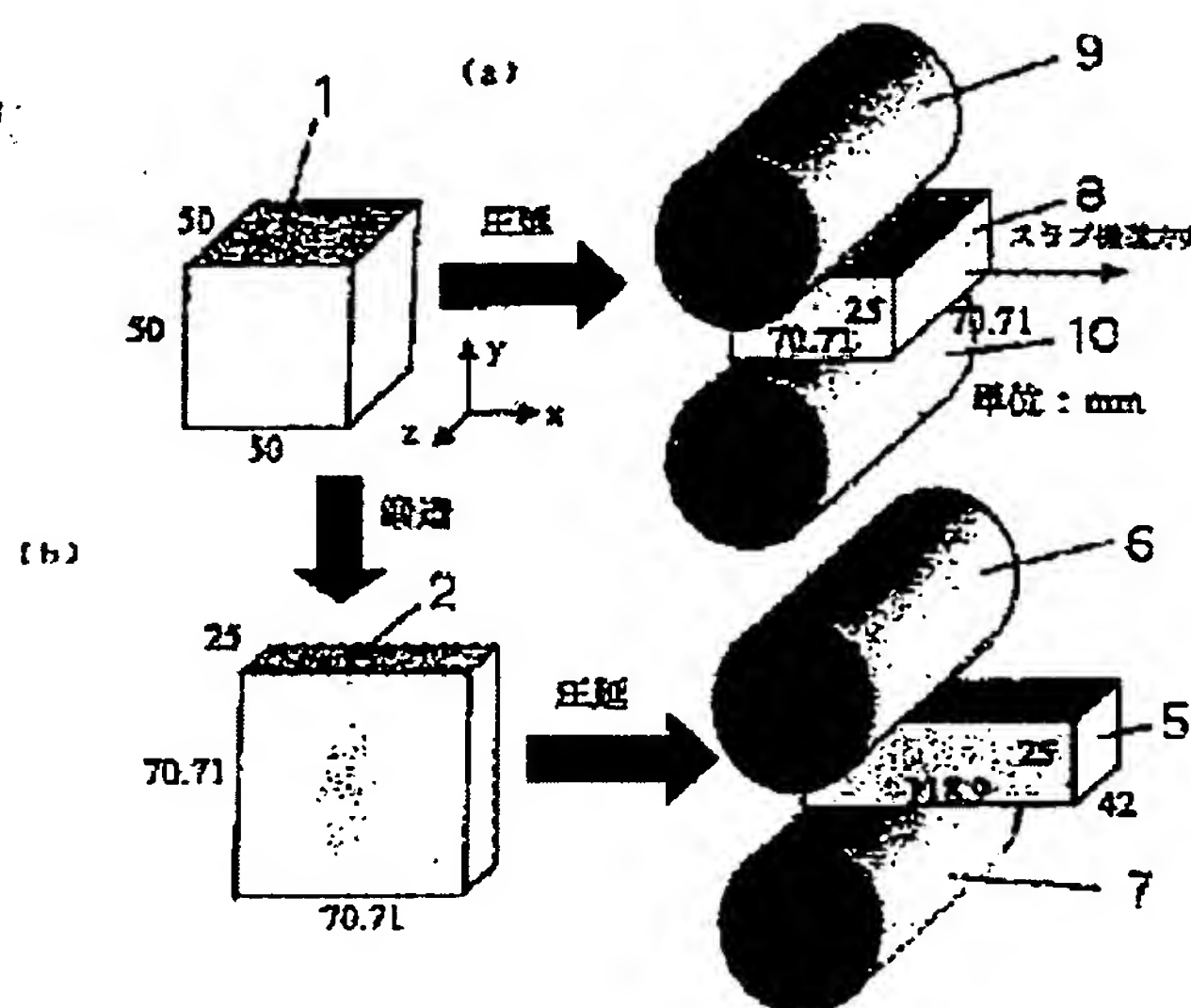
Application number: JP20000394092 20001226

Priority number(s): JP20000394092 20001226

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2002192201

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a metalworking process capable of introducing a large amount of strain into metal in the condition of keeping thickness by developing new production process for multi-directional working through a combined line of forging and rolling. **SOLUTION:** Metal with work hardening properties are deformed compressedly, reduced gradually to a predetermined thickness and given a large amount of strain by each operation of a plurality of working stages in a combined line of forging and rolling. The metal can be deformed compressedly by choosing the different directions of working at former and at latter operations of working stages.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

**This Page Blank (uspto)**

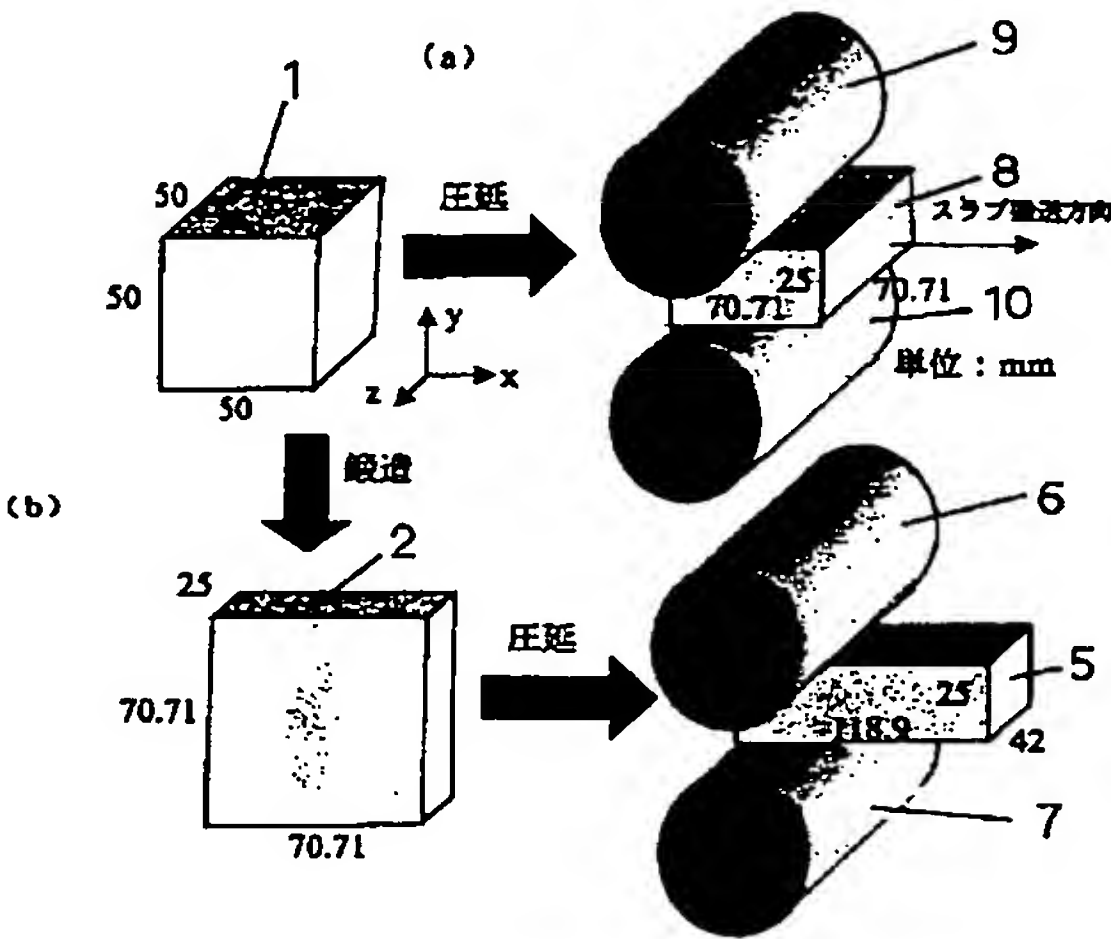
(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
B 2 1 B 1/00		B 2 1 B 1/00	A 4 E 0 0 2
1/22		1/22	A 4 E 0 8 7
B 2 1 C 37/00		B 2 1 C 37/00	K
// B 2 1 J 1/04		B 2 1 J 1/04	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号	特願2000-394092(P2000-394092)	(71)出願人	301023238 独立行政法人物質・材料研究機構 茨城県つくば市千現一丁目2番1号
(22)出願日	平成12年12月26日 (2000. 12. 26)	(72)発明者	井上 忠信 茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学 技術庁金属材料技術研究所内
		(72)発明者	鳥塚 史郎 茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学 技術庁金属材料技術研究所内
		(72)発明者	長井 寿 茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学 技術庁金属材料技術研究所内
		Fターム(参考)	4E002 AA10 BD01 CB01 4E087 CB01 CB02 CB12 DA03 DB00

(54)【発明の名称】 鍛造・圧延ラインにより大ひずみを導入する金属加工方法

(57)【要約】  
【課題】 金属加工法として、鍛造加工と圧延加工を併用して多方向加工法を実機に展開させた製造ラインにより、板厚を確保した状態でも大ひずみ導入を可能とする。  
【解決手段】 加工硬化能を有する金属材料を、鍛造及び圧延ラインを組合せた複数の加工段の各工程においてそれぞれ金属材料に圧縮変形を加えて、順次所定の板厚材に加工し、鍛造・圧延加工の併用によって金属材料に大ひずみを導入する。この場合、複数の加工段の各工程における加工硬化能を有する金属材料の加工方向を、前段の圧縮方向と後段の圧縮方向とで異なる方向とすることによって圧縮変形を行うことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 加工硬化能を有する金属材料を、鍛造及び圧延ラインを組合せた複数の加工段の各工程においてそれぞれ金属材料に圧縮変形を加えて、順次所定の板厚材に加工し、鍛造・圧延加工の併用によって金属材料に大ひずみを導入することを特徴とする金属加工方法

【請求項2】 請求項1において、複数の加工段の各工程における加工硬化能を有する金属材料の加工方向を、前段の圧縮方向と後段の圧縮方向とで異なる方向とすることによって、金属材料に大ひずみを導入することを特徴とする金属加工方法

【請求項3】 請求項1又は2において、複数の加工段における相隣なる前後の加工について、後続の加工を、前段加工の加工手段および／または加工方向と異にした加工として連続させたことを特徴とする大ひずみを導入する金属加工方法。

【請求項4】 請求項2又は3において、後段での圧縮方向を前段の圧縮方向と±90度異なる方向とした金属加工方法。

【請求項5】 請求項2又は3において、後段での圧縮方向を前段の圧縮方向と±(90±5)度異なる方向とした金属加工方法。

【請求項6】 請求項2又は3において、後段での圧縮方向を前段の圧縮方向と±(20～84)度異なる方向とした金属加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この出願の発明は、金属材料内に大ひずみを導入する金属加工方法に関し、さらに詳しくは、加工硬化能を有する金属材料を、鍛造・圧延ラインでの鍛造・圧延加工の併用によって、金属材料内に大ひずみを導入し、微細組織の厚板を得ることのできる金属加工方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術とその解決課題】 従来より金属材料内に大ひずみを導入することによって、金属材料組織が微細になることが報告されている。例えば、大圧下での急冷法(CAMP-ISIJ-Vol11(1998),P1017)をはじめ、繰り返し重ね接合圧延による方法(CAMP-ISIJ-Vol11(1998),P560)、温間圧延・再結晶による方法(CAMP-ISIJ-Vol11(1998),P1031)、温間加工溝ロール圧延による方法(CAMP-ISIJ-Vol12(1998),P1031)などである。

【0003】 これらの報告では、組織微細化技術の一方策として、材料内にいかにして大ひずみを導入するかが問題とされてきた。

【0004】 しかしながら、上記で示した検討では、大ひずみを得るためには1パス大圧下あるいは多パス加工が用いられるが、いずれも累積圧下率と共に金属材料の板厚を薄くしなければ得られないのが現状であって、所望の板厚の状態で大ひずみを得ることは難しかった。

【0005】 そこで、板厚を確保しつつ材料内に大ひずみを導入することができる加工方法として、多方向加工(CAMP-ISIJ-Vol11(2000),P641, P642)が提案された。

【0006】 しかし、提案された多方向加工方法の試行錯誤が繰返されてきたが、実際、所定の板厚を維持した上で微細化組織を得ることは難しく、これまで実用化されるまでに至っていなかった。

【0007】 このように、所望の板厚で微細化組織を得るための実用化にはまだまだ限界があり、このため、微細化組織の板厚を得ることのでき、しかも簡単な手段で多方向加工方法が実行できる装置の出現が望まれていた。

【0008】 この出願の発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、従来の加工方法が、圧延のみによる単一加工の範囲内における改善策の域を出ていなかったことに起因することから、別途新たに複数の加工方法の組み合わせによる観点の導入によって解決できることを見出し、この加工法を実機に展開させることにより、実製造ラインで板厚を確保した大ひずみの導入加工方法を提供することが課題である。

【0009】 この出願の発明によれば、加工金属材料を圧縮加工する加工方法を、異なる2つの加工方法を組み合わせることによって、要すれば所定の板厚材に加工する鍛造・圧延加工の併用によって、所定の板厚を保持したまま所望の微細化した組織を得ることができ、しかも、簡単な装置の追加により実現できる。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 この出願の発明は、加工硬化能を有する金属材料を、鍛造及び圧延ラインを組合せた複数の加工段の各工程においてそれぞれ金属材料に圧縮変形を加えて、所定の板厚材に加工し、鍛造と圧延加工の併用によって金属材料に大ひずみを導入する金属加工方法(請求項1)を提供する。

【0011】 また、この出願の発明は、さらに金属材料に対する加工方向を考慮して、前段の圧縮加工方向と、後段の圧縮加工方向とを異なる方向とした金属材料に大ひずみを導入する金属加工方法(請求項2)を提供する。

【0012】 さらに、この出願の発明は、複数の加工段の組合せ及び金属材料に対する加工方向を考慮して、複数の加工段における相隣なる前後の加工について、後続の加工を、前段加工の加工手段および／または加工方向と異にする加工として連続させた、金属材料に大ひずみを導入する金属加工方法(請求項3)を提供する。

【0013】 この出願の発明は、さらに、金属材料に対するいずれかの方向に異なる加工方向の角度の大きさを考慮して、±90度としたり(請求項4)、±(90±5)度(請求項5)、±(20～84度)(請求項6)とした大ひずみを導入する金属加工方法を提供する。



【0014】以上のように、この出願の発明は、一般的に材料の創製に役立てられている鍛造技術と圧延技術を組み合わせてライン化する加工方法を提供し、この異なる圧縮加工技術を組み合わせてライン化した加工方法を採用することによって、従来の圧延だけの加工の場合よりも厚い板厚を確保しつつ、材料内に大ひずみを導入することができる。

【0015】この発明は、上記のとおりの特徴を有するものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

【0016】

【発明の実施の形態】この出願の発明の方法においては、まず加工硬化能を有する金属材料に対して、鍛造あるいは圧延によって、1方向から圧縮変形を行い、次にその第一の方向と90度異なる方向から鍛造あるいは圧延によって圧縮変形を行い、これを所定の板厚まで繰り返すことを特徴としている。

【0017】なお、後段加工時の鍛造あるいは圧延による圧縮変形加工に際して、加工方向を前段加工時の第一の方向と90度異ならせているが、異なる加工方向は90度に限定されない。被加工材の形状、繰り返しの回数等の諸条件によって任意に選択にすることができる。

【0018】後段の圧縮変形に際して、第一の方向と±90度異なる方向とするのは、鍛造と圧延の圧縮方向が同じの場合、最終的に導入される塑性ひずみが、従来の圧延だけの場合と変わらなくなり、また、加工硬化能を有さない状態で加工を繰り返しても、導入されたひずみが回復し、再結晶等で開放されてしまい、所期の機能を備えた製品を得ることができなくなるからである。

【0019】実際、変更方向は、±(90±5)度がベスト値であり、±(20~84)度が好ましいベター値であった。角度が±90度のとき一番効率よくひずみが材料に導入され、角度が90度からずれてくるにしたがって仕事量が大きくなった。また、20度未満では、ひずみを導入する観点から、1方向加工の場合と殆ど変わらなかった。

【0020】また、この出願の発明は、複数の加工段の組合せ及び金属材料に対する加工方向を考慮して、後続の加工は前段加工の加工手段および／または加工が異なるようになっている。

【0021】言い換えれば、連続する圧縮加工の前後の加工は、前段の一方の鍛造又は圧延加工に他方の異なる圧延又は鍛造加工として続くもの、また、鍛造又は圧延の同一加工内では、後段に、前段の圧縮方向と異にする圧縮方向をもつ加工として続くもの、さらに、後段に、前段の鍛造又は圧延の加工手段と共に加工方向も同時に異にする加工として続くもの、を組み合わせた加工工程を備える金属加工方法となっている。

【0022】上記においては、例えば、鍛造→圧延→鍛

造→(90度回転)→鍛造→(90度回転)→鍛造→圧延などのように、鍛造で異なる方向から加工を繰り返したり、また、鍛造あるいは圧延による加工形態として、鍛造・圧延のいずれか一方の加工手段により1回以上の加工をし、その後前段の圧縮方向とは異なる方向から、前段の加工形態とは異なる鍛造・圧延のいずれか一方の加工手段により1回以上の圧縮変形を行い、大ひずみを導入する方法も包含している。

【0023】また、この出願の発明は、上記した金属加工方法の加工手順において、鍛造・圧延加工を併用して1セットとして、数セット加工を繰り返す加工方法を採用することも可能である。

【0024】また、鍛造・圧延加工の併用において、その一工程に、鍛造、圧延いずれかの加工で、所定の厚さまで数バス同方向で加工する工程を包含することもできる。

【0025】図1に例示するものは、一辺50mmの立方体(50×50×50mm)の原材料から25mmの板厚を有する仕上がり形状の材料を得るときの加工状態を示すものである。

【0026】図1の上段に示す部分の加工ラインは、従来の圧延加工のみによる場合の加工ラインを例示し、この場合、50×50×50mmの原材料(1)は、上下のロール(9)、(10)によりy方向に圧縮されつつ、25×70.71×70.71の仕上げ材(8)に加工され、x方向に搬送される。仕上げ材(8)の板厚は25mmであるこの加工ラインによって、表1に示す比較例1、2の結果が得られた。

【0027】一方、同図の下段の加工ラインは、この出願の発明による加工ラインを示し、上段の原材料を受けての鍛造加工とこれに続く圧延加工の組合せによる場合の加工状態を例示している。この場合、50×50×50mmの原材料(1)は、前段ではz方向の鍛造加工を受けて25×70.71×70.71の中間材(2)に加工され、後段では上下のロール(6)、(7)によりy方向に圧縮されつつ、25×118.9×42の仕上げ材(5)に加工され、x方向に搬送される。仕上げ材(5)の板厚は25mmである。

【0028】この出願の発明において、塑性ひずみは、塑性域における材料の応力-ひずみ関係を考慮し、材料の塑性変形の指標となる方向によらずかつ加工履歴に依存した量であり、以下の数式1によって表される量である。

【0029】ただし、塑性ひずみの量は、次の数式1を基に数値解析技術を用いて初めて求められるが、ここでは出願の発明の方法が端的に理解できるように方向性を加味して示してある。

【0030】

【数1】

$$\varepsilon_m = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{2} \left[ (d\varepsilon_x - d\varepsilon_y)^2 + (d\varepsilon_y - d\varepsilon_z)^2 + (d\varepsilon_z - d\varepsilon_x)^2 \right]}$$

$d\varepsilon_x, d\varepsilon_y, d\varepsilon_z$ : x, y, z 方向のひずみ増分

【0031】例えば、後述の表1は、実施例、比較例における材料の形状と各加工によって導入されたひずみと累積したひずみを示している。

【0032】この表1において、比較例1では、累積圧延量約50%の加工を必要とするものとなっており、このときの導入されるひずみは、数式1による試算から約0.566となる。

【0033】しかし、実施例1に示す、この出願の発明の大ひずみ導入加工方法においては、例えば最初にまずz方向から累積圧縮率50%の鍛造を行い、その後圧延により25mmまで圧延を行う。これにより、導入されるひずみは数式1の試算結果約1.415となり、従来の圧延だけの場合に比べ、2.5倍大きくなることが判る。

【0034】以上から、この出願の発明のように鍛造工程を導入することにより、金属材料内部に導入される蓄積ひずみを、従来の圧延工程のみの場合に比べ、大きくすることが可能であることがわかる。

【0035】以下、この出願の発明を、図面を用いてさらに詳細に説明する。

【0036】

【実施例】（実施例1） 図1に、加工前の原材料（1）が示され、大きさは50×50×50mmの立方体である。

【0037】原材料（1）は、図1の左上段から続いて下段の加工ラインによって、上段の原材料（1）を受けての鍛造加工とこれに続く圧延加工の組合せによる場合の加工状態が示されるように、最初、50×50×50mmの原材料であったものが、鍛造により50%圧縮され、これによって、25×70.71×70.71の中間材料（2）を得る。次いで中間材料（2）の圧縮方向を90度異ならせ、圧延により板厚25mmの仕上げ材（5）を得た。

【0038】この場合の一連の加工をさらに詳細に述べれば、図2に示すように、原材料（1）は、前段の鍛造工程では、一對のアンビル（3）（4）によりz方向に圧縮加工され、次いで後段の圧延工程では、上下のロー

ル（6）（7）によりy方向に圧縮される。材料の搬送方向はx方向に送られる。

【0039】なお、アンビル（3）、（4）とロール（6）、（7）は、材料に比べ非常に硬く変形しない剛体である。最終板厚は、表1に示すように、25mmあるいは10mmの板厚である。

【0040】前記一連の加工において、両工程における加工材料の加工方向は、鍛造工程における圧縮方向と圧延工程における圧縮方向とでは、90度異なるものとなっている。

【0041】加工は、加工硬化能を維持した条件、例えば、SM490鋼ではオーステナイトの未再結晶温度約800度のもとで行われ、再結晶が起こる前に成形加工が行われる。

【0042】表1には、加工硬化能を維持した条件下で成形加工した試料1～4及び比較例5、6として示され、表中の加工によって材料に導入された累積した相当塑性ひずみは、数式1に基づいて計算した値が示される。

【0043】表1に示す試料、比較例の加工は次の通りである。

（試料1）50×50×50mmの材料を最初鍛造により50%圧縮し、次いで圧縮方向を90度異ならせ、圧延により板厚25mmの試料を得た。

（試料2）50×50×50mmの材料を、（試料1）の加工法を繰り返し板厚25mmの試料を得た。

（試料3）50×50×50mmの材料を最初鍛造により50%圧縮し、次いで圧縮方向を90度異ならせ、圧延により板厚10mmの試料を得た。

（試料4）50×50×50mmの材料を、（試料3）の加工法を繰り返し板厚10mmの試料を得た。

（比較例1）50×50×50mmの材料を、圧延のみにより板厚25mmの試料を得た。

（比較例2）50×50×50mmの材料を、圧延のみにより板厚10mmの試料を得た。

【0044】

【表1】

	仕上がり形状 $x \times y \times z$ (mm)	鍛造 (50%)	圧延	鍛造 (50%)	圧延	累積された相 当塑性ひずみ
試料1	119 × 25 × 42	0.566	0.849	—	—	1.415
試料2	200 × 25 × 25	0.566	0.849	0.566	0.283	2.264
試料3	118 × 10 × 66.5	0.566	1.597	—	—	2.163
試料4	316.2 × 10 × 39.5	0.566	0.849	0.566	1.031	3.012
比較例 1	70.71 × 25 × 70.71	—	—	—	—	0.566
比較例 2	70.71 × 25 × 70.71	—	—	—	—	1.314

【0045】上記の表1によれば、圧延工程の前段に鍛造工程を導入したことにより、金属材料内部に導入された蓄積ひずみが圧延工程のみの場合に比べ、一層大きくなっていることがわかる。

（実施例2） 加工硬化能を有する金属材料に対して、加工された際に導入される塑性ひずみは、温度とひずみ速度に依存した金属材料の応力-ひずみ関係、アンビルと金属材料間の摩擦特性、ロール径と板厚そして圧縮率の関係など、その他多くの因子に依存する。よって、材料内に導入されるひずみはそれらの因子を考慮して行った数値解析によって初めて定量的評価が可能となる。

【0046】図3に、加工前の原材料（11）が示され、大きさは100×50×50mmである。

【0047】原材料（11）はSM490鋼であり、加工温度は800度とする。本温度は、加工前に再結晶が起こらないオーステナイト未再結晶温度域である。解析は、陽解法を用いた有限要素法によって行った。アンビルあるいはロールと材料間の摩擦係数は、0.3を用いた。圧延に用いられるロール径は、256cm、ロールの角速度は1.302rad/secである。

【0048】（試料5）100×50×50mmの材料を最初の鍛造によりz方向に50%圧縮し、次いで、圧縮方向を90度異ならせ、鍛造によりy方向に50mm

まで圧縮し、その後圧延（2パス）により、板厚25mmの試料を得た。

30 【0049】（比較例3）100×50×50mmの材料を、圧延（2パス）のみにより、板厚25mmの試料を得た。

【0050】図4（a）は、スラブ搬送方向（x方向）から見た試料5に対する条件で試料に導入された塑性ひずみの分布を示す。図4（b）は、比較例3に対する条件で試料に導入された塑性ひずみの分布を示す。

40 【0051】図4から、圧延工程の前段に鍛造工程を導入したことにより、材料内部に導入された塑性ひずみが圧延工程のみの場合に比べ、大きくなっていることが判る。

【0052】

【発明の効果】この出願の発明によれば、鍛造・圧延の併用によって、超微細組織鋼の厚板化創製がすぐにでも可能である。

【0053】また、本加工方法は、大がかりな設備導入を必要とすることなく、例えば、厚板工場にある既存設備に鍛造用プレスを導入するだけの簡単なライン改造を施すのみで、超微細組織鋼の厚板を製造することが可能である。

50 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の圧延加工並びに本発明の鍛造加工と圧延加工の組合せによる正方体材料の加工をそれぞれ併せて示す図であり、(a)の上段の加工ラインは、圧延加工のみによる加工を、(b)の下段の加工ラインは、鍛造加工と圧延加工の組合せた加工をそれぞれ示している。

【図2】材料の搬送方向x方向としたときの、一対のアンビルによるz方向圧縮の鍛造工程、上下ロールによるy方向圧縮の圧延工程を示す図である。

(a) 上段は、鍛造加工を示す。

(b) 下段は、圧延加工を示す。

【図3】原材料として直方体材料を用いる実施例を示す図である。

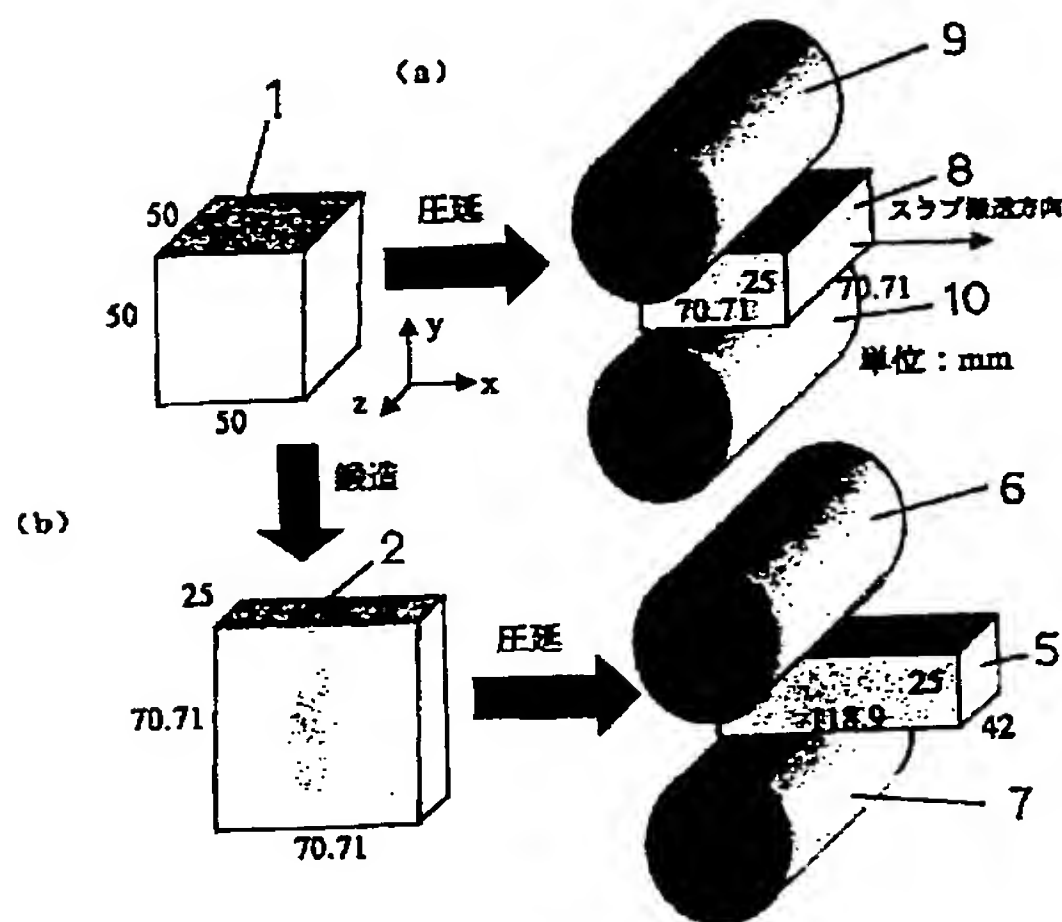
【図4】直方体材料を条件を変えて加工した場合の塑性ひずみの分布を示す図であり、(a)は、試料5に対す\*

\*る条件で試料に導入された塑性ひずみの分布を、(b)は、比較例3に対する条件で試料に導入された塑性ひずみの分布を、それぞれ示している。

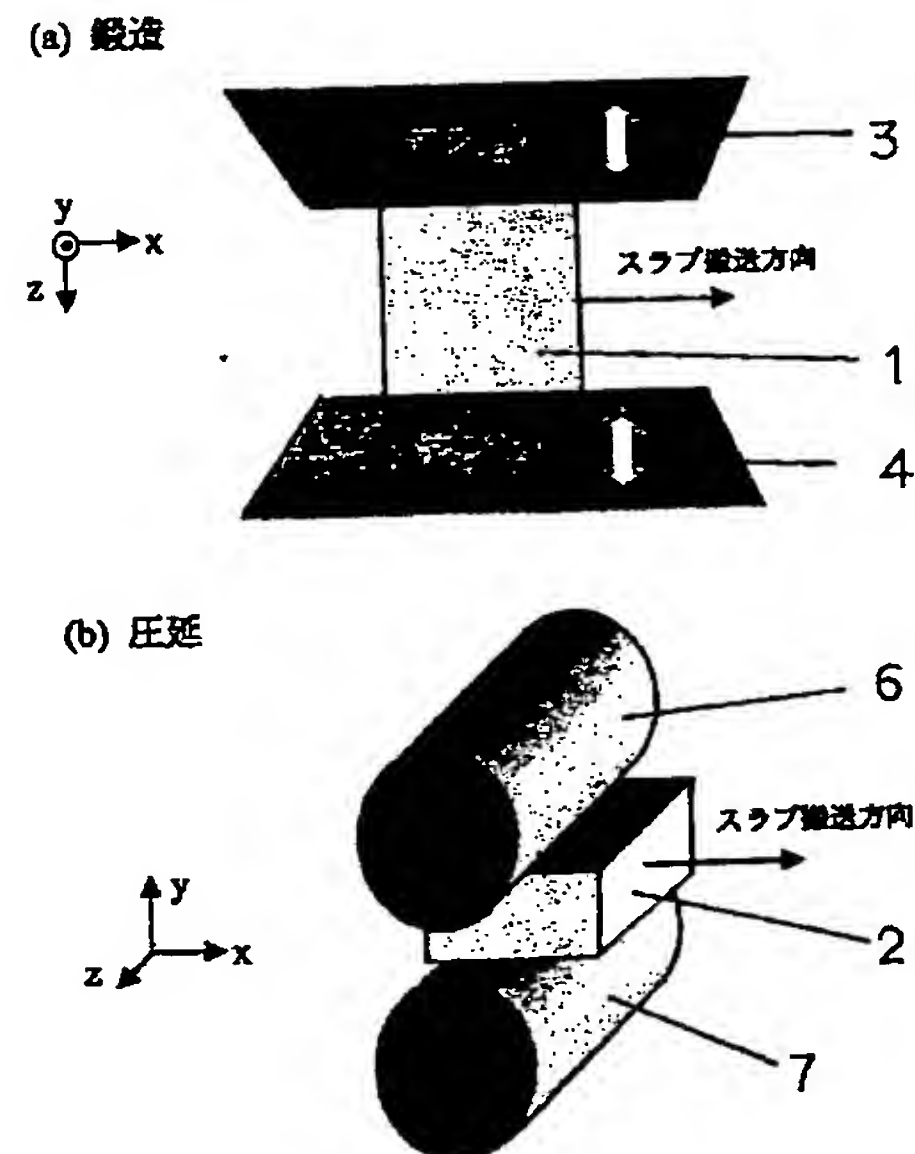
【符号の説明】

- 1 原材料
- 2 中間材
- 3 アンビル
- 4 アンビル
- 5 仕上げ材
- 6 上ロール
- 7 下ロール
- 8 仕上げ材
- 9 上ロール
- 10 下ロール

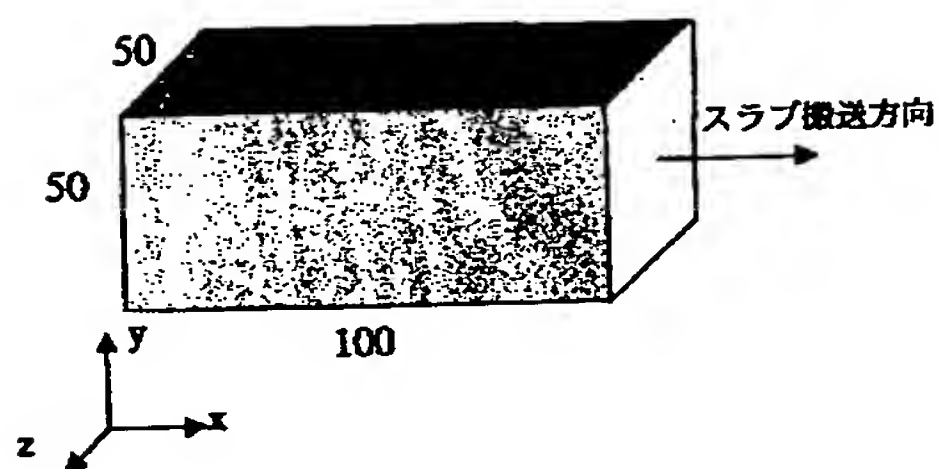
【図1】



【図2】



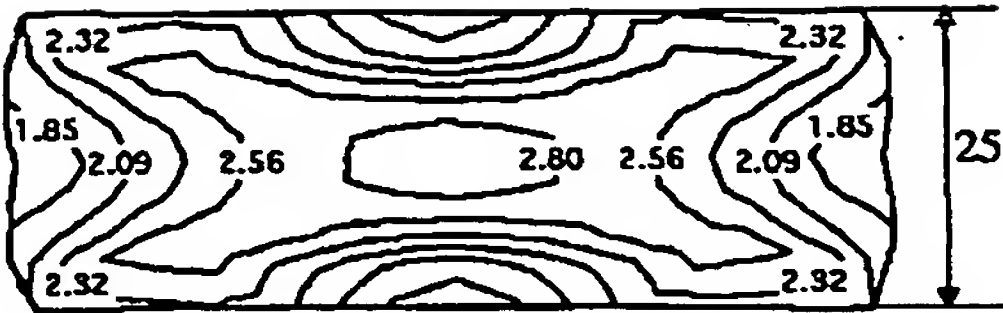
【図3】



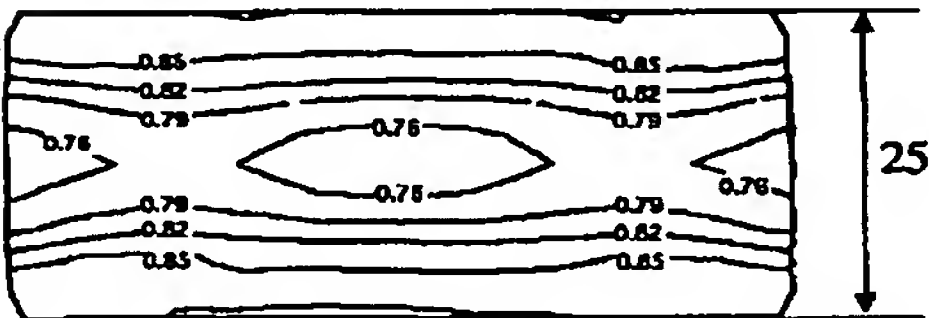


【図4】

(a) 試料5



(b) 比較例3



***This Page Blank (uspto)***

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**